

(15)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-262319
 (43)Date of publication of application : 13.09.2002

(51)Int.Cl. H04Q 3/52
 H04B 10/02
 H04J 14/00
 H04J 14/02

(21)Application number : 2001-057191 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
 <NTT>

(22)Date of filing : 01.03.2001 (72)Inventor : IMAYADO WATARU
 YAMAWAKI JUN
 TAKADA ATSUSHI

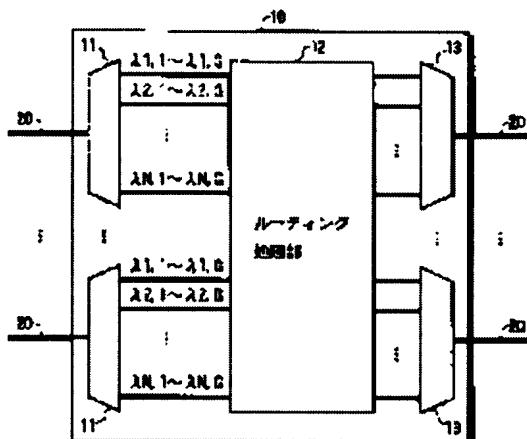
(54) OPTICAL COMMUNICATION NETWORK AND OPTICAL PATH CROSS CONNECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical communication network that enhances routing processing capability so as to attain a high capacity while suppressing the increase in the entire cost with a configuration that a wavelength path sent through a wavelength multiple transmission link is subjected to routing processing on the basis of its wavelength and to provide an optical path cross connector that conducts the routing processing in the optical communication network.

SOLUTION: In the optical communication network provided with a plurality of the optical path cross connectors and the wavelength multiple transmission link interconnecting them where a wavelength path led to the wavelength multiple transmission link is subjected to the routing processing by the optical path cross connector on the basis of its wavelength, each optical path cross connector is configured such that the wavelength paths of the link are divided into wavelength group of N-sets (N is an integer of 2 or over) consisting of G-sets each (G is an integer of 2 or over) of the wavelength paths of the wavelength multiple transmission link, and applies the routing processing in the unit of the wavelength group paths.

本発明の光バスクロスコネクタ装置の基本構成



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-262319

(P2002-262319A)

(43)公開日 平成14年9月13日(2002.9.13)

(51)Int.Cl.⁷
H 04 Q 3/52
H 04 B 10/02
H 04 J 14/00
14/02

識別記号

F I
H 04 Q 3/52
H 04 B 9/00

テマコード(参考)
C 5 K 0 0 2
U 5 K 0 6 9
E

審査請求 未請求 請求項の数16 O.L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2001-57191(P2001-57191)

(22)出願日 平成13年3月1日(2001.3.1)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 今宿 瓦

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 山浦 純

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(74)代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

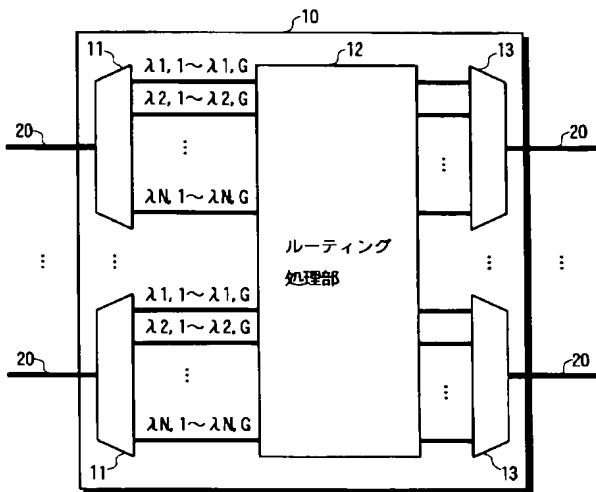
(54)【発明の名称】光通信網および光バスクロスコネクト装置

(57)【要約】

【課題】波長多重伝送リンクを伝送される波長バスがその波長に基づいてルーティング処理される構成において、ルーティング処理能力を高め、全体のコスト増大を抑えながら大容量化を可能とする光通信網、およびその光通信網でルーティング処理を行う光バスクロスコネクト装置を実現する。

【解決手段】複数の光バスクロスコネクト装置とその間を接続する波長多重伝送リンクを備え、波長多重伝送リンクを伝送される波長バスが光バスクロスコネクト装置でその波長に基づいてルーティング処理される光通信網において、光バスクロスコネクト装置は、波長多重伝送リンクの波長バスをG本(Gは2以上の整数)ずつN個(Nは2以上の整数)の波長群バスに分割し、その波長群バスを単位としてルーティング処理を行う構成である。

本発明の光バスクロスコネクト装置の基本構成



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の光パスクロスコネクト装置とその間を接続する波長多重伝送リンクを備え、前記波長多重伝送リンクを伝送される波長バスが前記光パスクロスコネクト装置でその波長に基づいてルーティング処理される光通信網において、前記光パスクロスコネクト装置は、前記波長多重伝送リンクの波長バスをG本（Gは2以上の整数）ずつN個（Nは2以上の整数）の波長群バスに分割し、その波長群バスを単位としてルーティング処理を行う構成であることを特徴とする光通信網。

【請求項2】 請求項1に記載の光通信網をサブ領域1～z（zは2以上の整数）に分割し、前記各サブ領域ごとに、ルーティング処理される波長群バスの数N₁, N₂, …, N_zおよびそれぞれの波長群バスを構成する波長バスの数G₁, G₂, …, G_zと、各サブ領域間でルーティング処理される波長群バスの数N₀およびその波長群バスを構成する波長バスの数G₀が互いに独立に設定される（N₀～N_zは2以上の整数、G₀～G_zは2以上の整数）ことを特徴とする光通信網。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の光通信網において、前記N（N₀～N_z）個の波長群バスを構成するそれぞれG（G₀～G_z）本の波長バスの波長をλ_{1,1}～λ_{1,G}、λ_{2,1}～λ_{2,G}、…、λ_{N,1}～λ_{N,G}としたときに、[λ_{1,1}～λ_{1,G}]、[λ_{2,1}～λ_{2,G}]、…、[λ_{N,1}～λ_{N,G}]がそれぞれ波長軸上で連続的に配置されることを特徴とする光通信網。

【請求項4】 請求項1または請求項2に記載の光通信網において、前記N（N₀～N_z）個の波長群バスを構成するそれぞれG（G₀～G_z）本の波長バスの波長をλ_{1,1}～λ_{1,G}、λ_{2,1}～λ_{2,G}、…、λ_{N,1}～λ_{N,G}としたときに、[λ_{1,1}～λ_{1,G}]、[λ_{2,1}～λ_{2,G}]、…、[λ_{N,1}～λ_{N,G}]がそれぞれ波長軸上で等しい波長間隔に配置され、かつ[λ_{1,1}～λ_{N,1}]、[λ_{1,2}～λ_{N,2}]、…、[λ_{1,G}～λ_{N,G}]がそれぞれ波長軸上で連続的に配置されることを特徴とする光通信網。

【請求項5】 請求項1または請求項2に記載の光通信網において、前記N（N₀～N_z）個の波長群バスを構成するそれぞれG（G₀～G_z）本の波長バスは、通信需要に応じてそれぞれ1～G（1～G₀, 1～G₁, 1～G₂, …, 1～G_z）本の範囲で可変設定されることを特徴とする光通信網。

【請求項6】 請求項5に記載の光通信網において、前記N（N₀～N_z）個の波長群バスを構成するそれぞれ1～G（1～G₀, 1～G₁, 1～G₂, …, 1～G_z）本の波長バスの波長を、λ_{1,1}～λ_{1,g1}、λ_{2,1}～λ_{2,g2}、…、λ_{N,1}～λ_{N,gn}としたときに（g₁～g_nは1～G（1～G₀, 1～G₁, 1～G₂, …, 1～G_z）の整数）、

2

[λ_{1,1}～λ_{1,g1}]、[λ_{2,1}～λ_{2,g2}]、…、[λ_{N,1}～λ_{N,gn}]がそれぞれ波長軸上で連続的に配置されることを特徴とする光通信網。

【請求項7】 請求項1または請求項2に記載の光通信網において、前記波長多重伝送リンクを伝送される光信号の監視単位は、前記ルーティング処理の単位である波長群バスであることを特徴とする光通信網。

【請求項8】 複数の波長多重伝送リンクを伝送される波長バスを入力し、その波長に基づいてルーティング処理し、対応する波長多重伝送リンクに出力する光パスクロスコネクト装置において、

前記各波長多重伝送リンクの波長バスを入力し、それぞれG本（Gは2以上の整数）ずつN個（Nは2以上の整数）の波長群バスに分離する複数の分波器と、前記各波長群バスを単位としてルーティング処理するルーティング処理手段と、

前記ルーティング処理手段でルーティングされた各波長群バスを出力する波長多重伝送リンクごとに合波する複数の合波器とを備えたことを特徴とする光パスクロスコネクト装置。

【請求項9】 請求項8に記載の光パスクロスコネクト装置において、

前記複数の分波器、前記ルーティング処理手段、前記複数の合波器で構成される光パスクロスコネクト処理部を複数備えて階層化し、階層間で一の分波器と一の合波器を順次接続し、各階層ごとに残りの分波器および合波器にそれぞれ前記波長多重伝送リンクを接続する構成であることを特徴とする光パスクロスコネクト装置。

【請求項10】 請求項9に記載の光パスクロスコネクト装置において、

前記各階層の光パスクロスコネクト処理部に接続する波長多重伝送リンク数、波長群バス数、波長群バスを構成する波長バスは、それ各自立に設定される構成であることを特徴とする光パスクロスコネクト装置。

【請求項11】 請求項8または請求項9に記載の光パスクロスコネクト装置において、

前記ルーティング処理手段は、前記波長群バスを構成する複数の波長バスを波長変換する波長変換器と、波長変換された波長群バスをルーティングする光マトリクススイッチとを備えたことを特徴とする光パスクロスコネクト装置。

【請求項12】 請求項11に記載の光パスクロスコネクト装置において、波長変換器は、前記波長群バスを構成する複数の波長バスを一括して波長変換する光パラメトリック波長変換器であることを特徴とする光パスクロスコネクト装置。

【請求項13】 請求項12に記載の光パスクロスコネクト装置において、

前記光パラメトリック波長変換器は、入力された波長バ

スおよび雑音光を除去する光フィルタを含むことを特徴とする光バスクロスコネクト装置。

【請求項14】 請求項12に記載の光バスクロスコネクト装置において、

前記光パラメトリック波長変換器は、2入力2出力の第1の光合分波器の2つの出力ポートと、2入力2出力の第2の光合分波器の2つの入力ポートとをそれぞれ接続する2つの光経路に、それぞれ光分散媒質および2次の光非線形媒質を挿入した非線形マッハツェンダ干渉計を備え、

前記第1の光合分波器と前記第2の光合分波器との間の一方の光経路には第1の光分散媒質の次に第1の2次の光非線形媒質を挿入し、他方の光経路には第2の2次の光非線形媒質の次に第2の光分散媒質を挿入し、前記第1の光合分波器の一方の入力ポートから前記波長群バスを構成する信号光および波長変換光の元となる励起光の合波光を入りし、前記第2の光合分波器の一方の出力ポートから信号光および励起光を出し、他方の出力ポートから入力された波長群バスに対する波長変換された波長群バスを出力する構成であることを特徴とする光バスクロスコネクト装置。

【請求項15】 請求項8または請求項9に記載の光バスクロスコネクト装置において、

前記分波器および前記合波器は、周期的な透過波長特性を有するアレイ導波路回折格子型合分波器(AWG)であることを特徴とする光バスクロスコネクト装置。

【請求項16】 請求項8または請求項9に記載の光バスクロスコネクト装置において、

前記分波器および前記合波器は、周期的な透過波長特性を有するアレイ導波路回折格子型合分波器(AWG)を2段構成で用い、その間に分波された各波長バスを選択的に透過または遮断する光ゲートスイッチを備えた構成であることを特徴とする光バスクロスコネクト装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長多重伝送リンクを伝送される波長バスがその波長に基づいてルーティング処理される光通信網、およびその光通信網でルーティング処理を行う光バスクロスコネクト装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 インターネット等のデータ通信トラヒックの増大により、現状では Tbit/s クラス、近い将来には 10~100 Tbit/s 以上のスループットを有するルーティング処理装置の導入が求められている。現状のルーティング処理装置は、大容量光ファイバ伝送路を介して転送してきた情報を入力段で電気信号に変換し、転送情報のフレームごとに転送先情報を読み出し、各転送先に対応したアドレスを格納しているルーティングテーブルを参照して経路制御を行い、その経路情報をもとにフォワーディング処理を行っている。そして、バッファリン

グ動作により競合制御した上で、電気信号を光信号に変換して次段の光ファイバ伝送路に送出している。

【0003】 このような手順に従って処理する従来のルーティング処理装置では、転送情報のフレーム構造の変更が困難であり、ユーザのニーズに対応して多様なサービスを提供することが本質的に難しい。

【0004】 さらに、処理速度の高速化を図るには、電気的な処理を実行する LSI 回路の高速化と並列度の増大が求められる。特に、最近のデータ通信トラヒックの

10 増大は、LSI 回路の高速化の進捗状況を凌駕する勢いで進んでおり、そのため並列度の増大すなわちルーティング処理装置のスイッチ方路の増大が避けられなくなっている。しかし、並列度の増大は、実装等のハードウェアの課題のみならず、転送処理効率の低下も招くので、期待されるほどの効果を得にくい状況にある。

【0005】 このような問題を解決する手段として、転送される光信号の波長をルーティング情報として利用する光バスクロスコネクト(OXC)がある。この光バスクロスコネクトでは、入力光信号は波長チャネル単位で空間的に分離し、各波長チャネルごとにスイッチング処理を行う。すなわち、光ファイバ伝送路を介して伝送されてきた光信号を電気信号に変換することなく処理するので、装置規模の削減と大容量化に対して有利になっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、光バスクロスコネクト装置には、波長チャネル数に比例した数の波長変換素子と、波長チャネル数の二乗に比例した規模の光マトリクススイッチが要求される。また、光マトリクススイッチの大規模化では、スイッチ製作技術の均一性を高めるのと同時に、低損失化が要求される。しかし、現状では、光スイッチの単価が電気スイッチよりも大幅に高価であり、光マトリクススイッチの規模増大は光バスクロスコネクト装置のコストメトリックを損なう問題がある。

【0007】 本発明は、波長多重伝送リンクを伝送される波長バスがその波長に基づいてルーティング処理される構成において、ルーティング処理能力を高め、全体のコスト増大を抑えながら大容量化を可能とする光通信網、およびその光通信網でルーティング処理を行う光バスクロスコネクト装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 請求項1に記載の発明は、複数の光バスクロスコネクト装置とその間を接続する波長多重伝送リンクを備え、波長多重伝送リンクを伝送される波長バスが光バスクロスコネクト装置でその波長に基づいてルーティング処理される光通信網において、光バスクロスコネクト装置は、波長多重伝送リンクの波長バスを G 本 (G は 2 以上の整数) ずつ N 個 (N は 50 2 以上の整数) の波長群バスに分割し、その波長群バス

を単位としてルーティング処理を行う構成である。

【0009】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の光通信網をサブ領域1～z（zは2以上の整数）に分割し、各サブ領域ごとに、ルーティング処理される波長群バスの数N1, N2, …, Nzおよびそれぞれの波長群バスを構成する波長バスの数G1, G2, …, Gzと、各サブ領域間でルーティング処理される波長群バスの数N0およびその波長群バスを構成する波長バスの数G0が互いに独立に設定される（N0～Nzは2以上の整数、G0～Gzは2以上の整数）。これにより、各サブ領域ごとのトラヒック需要に応じた光通信網を設計できるとともに、波長多重伝送リンクおよび光バスクロスコネクト装置内の有限な光周波数資源の利用効率を高めることができる。

【0010】請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の光通信網において、N（N0～Nz）個の波長群バスを構成するそれぞれG（G0～Gz）本の波長バスの波長をλ1,1～λ1,G、λ2,1～λ2,G、…、λN,1～λN,Gとしたときに、[λ1,1～λ1,G]、[λ2,1～λ2,G]、…、[λN,1～λN,G]がそれぞれ波長軸上で連続的に配置される。

【0011】請求項4に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の光通信網において、N（N0～Nz）個の波長群バスを構成するそれぞれG（G0～Gz）本の波長バスの波長をλ1,1～λ1,G、λ2,1～λ2,G、…、λN,1～λN,Gとしたときに、[λ1,1～λ1,G]、[λ2,1～λ2,G]、…、[λN,1～λN,G]がそれぞれ波長軸上で等しい波長間隔に配置され、かつ[λ1,1～λN,1]、[λ1,2～λN,2]、…、[λ1,G～λN,G]がそれぞれ波長軸上で連続的に配置される。

【0012】請求項5に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の光通信網において、N（N0～Nz）個の波長群バスを構成するそれぞれG（G0～Gz）本の波長バスは、通信需要に応じてそれぞれ1～G（1～G0, 1～G1, 1～G2, …, 1～Gz）本の範囲で可変設定される。これにより、各対地間の通信需要に応じて柔軟に通信帯域幅を融通できる。その結果、有限な光周波数資源の利用効率を高めることができる。

【0013】請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の光通信網において、N（N0～Nz）個の波長群バスを構成するそれぞれ1～G（1～G0, 1～G1, 1～G2, …, 1～Gz）本の波長バスの波長を、λ1,1～λ1,g1、λ2,1～λ2,g2、…、λN,1～λN,gnとしたときに（g1～gnは1～G（1～G0, 1～G1, 1～G2, …, 1～Gz）の整数）、[λ1,1～λ1,g1]、[λ2,1～λ2,g2]、…、[λN,1～λN,gn]がそれぞれ波長軸上で連続的に配置される。これにより、ルーティング処理単位である波長群バスを構成する複数の波長バスを一括して波長変換などの処理が容易になり、かつ合分波器の構成も容易になる。

【0014】請求項7に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の光通信網において、波長多重伝送リンクを伝送される光信号の監視単位は、ルーティング処理の単位である波長群バスとする。これにより、ルーティング処理単位と監視単位が同一となり、ネットワークの障害検知と再構成のオペレーションを簡略化することができる。さらに、ルーティング処理単位に監視することにより、各波長バス単位で監視を行う場合に比べて監視装置の規模削減が可能となる。

【0015】請求項8に記載の発明は、複数の波長多重伝送リンクを伝送される波長バスを入力し、その波長に基づいてルーティング処理し、対応する波長多重伝送リンクに出力する光バスクロスコネクト装置において、各波長多重伝送リンクの波長バスを入力し、それぞれG本（Gは2以上の整数）ずつN個（Nは2以上の整数）の波長群バスに分離する複数の分波器と、各波長群バスを単位としてルーティング処理するルーティング処理手段と、ルーティング処理手段でルーティングされた各波長群バスを出力する波長多重伝送リンクごとに合波する複数の合波器とを備えて構成される。

【0016】請求項9に記載の発明は、請求項8に記載の光バスクロスコネクト装置において、複数の分波器、ルーティング処理手段、複数の合波器で構成される光バスクロスコネクト処理部を複数備えて階層化し、階層間で一の分波器と一の合波器を順次接続し、各階層ごとに残りの分波器および合波器にそれぞれ波長多重伝送リンクを接続する構成である。

【0017】請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の光バスクロスコネクト装置において、各階層の光バスクロスコネクト処理部に接続する波長多重伝送リンク数、波長群バス数、波長群バスを構成する波長バスは、それぞれ独立に設定される構成である。

【0018】請求項11に記載の発明は、請求項8または請求項9に記載の光バスクロスコネクト装置において、ルーティング処理手段は、波長群バスを構成する複数の波長バスを波長変換する波長変換器と、波長変換された波長群バスをルーティングする光マトリクススイッチとを備える。

【0019】請求項12に記載の発明は、請求項11に記載の光バスクロスコネクト装置において、波長変換器は、波長群バスを構成する複数の波長バスを一括して波長変換する光パラメトリック波長変換器である。

【0020】請求項13に記載の発明は、請求項12に記載の光バスクロスコネクト装置において、光パラメトリック波長変換器は、入力された波長バスおよび雑音光を除去する光フィルタを含む。

【0021】請求項14に記載の発明は、請求項12に記載の光バスクロスコネクト装置において、光パラメトリック波長変換器は、2入力2出力の第1の光合分波器の2つの出力ポートと、2入力2出力の第2の光合分

7
波器の2つの入力ポートとをそれぞれ接続する2つの光経路に、それぞれ光分散媒質および2次の光非線形媒質を挿入した非線形マッハツエンダ干渉計を備え、第1の光合分波器と第2の光合分波器との間の一方の光経路には第1の光分散媒質の後に第1の2次の光非線形媒質を挿入し、他方の光経路には第2の2次の光非線形媒質の後に第2の光分散媒質を挿入し、第1の光合分波器の一方の入力ポートから波長群パスを構成する信号光および波長変換光の元となる励起光の合波光を入力し、第2の光合分波器の一方の出力ポートから信号光および励起光を出力し、他方の出力ポートから入力された波長群パスに対する波長変換された波長群パスを出力する構成である。

【0022】請求項15に記載の発明は、請求項8または請求項9に記載の光バスクロスコネクト装置において、分波器および合波器は、周期的な透過波長特性を有するアレイ導波路回折格子型合分波器（AWG）である。

【0023】請求項16に記載の発明は、請求項8または請求項9に記載の光バスクロスコネクト装置において、分波器および合波器は、周期的な透過波長特性を有するアレイ導波路回折格子型合分波器（AWG）を2段構成で用い、その間に分波された各波長パスを選択的に透過または遮断する光ゲートスイッチを備えた構成である。

【0024】

【発明の実施の形態】（光バスクロスコネクト装置の基本構成）図1は、本発明の光バスクロスコネクト装置の基本構成を示す。図において、光バスクロスコネクト装置10には複数の波長多重伝送リンク20が接続される。光バスクロスコネクト装置10は、各波長多重伝送リンク20の波長パスをG本（Gは2以上の整数）ずつN個（Nは2以上の整数）の波長群パスに分離する分波器11と、その波長群パスを単位としてルーティング処理を行なうルーティング処理部12と、各波長多重伝送リンク20に出力する波長群パスを合波する合波器13により構成される。

【0025】光バスクロスコネクト装置の従来構成と本発明構成の違いを図2に示す。従来構成では波長パス単位でルーティング処理を行っていたために、例えば16本の波長パスをルーティングするために 16×16 のルーティング処理部が必要であった。一方、本発明構成では複数の波長パスをグループ化した波長群パス単位でルーティング処理を行うので、4本の波長パスで波長群パスが構成されるとすると、16本の波長パスをルーティングするために 4×4 のルーティング処理部で対応することができる。ルーティング処理部12は、後述するように波長変換器と光マトリクススイッチで構成されるので、ルーティング処理単位を波長群パスとすることにより、回路規模を大幅に低減することができる。

【0026】ここで、各波長群パスを構成する波長パスの波長を $[\lambda 1,1 \sim \lambda 1,G]$ 、 $[\lambda 2,1 \sim \lambda 2,G]$ 、…、 $[\lambda N,1 \sim \lambda N,G]$ と表す。なお、波長 $\lambda i,j$ の*i*は属する波長群の番号1～Nを示し、*j*は波長番号1～Gを示す。

【0027】図3は、波長群パスの波長配置例を示す。図3(1)に示す波長配置例では、波長群パス1～Nを構成する波長パスの波長 $[\lambda 1,1 \sim \lambda 1,G]$ 、 $[\lambda 2,1 \sim \lambda 2,G]$ 、…、 $[\lambda N,1 \sim \lambda N,G]$ は、それぞれ波長軸上で連続的に配置される。

【0028】図3(2)に示す波長配置例では、波長群パス1～Nを構成する波長パスの波長 $[\lambda 1,1 \sim \lambda 1,G]$ 、 $[\lambda 2,1 \sim \lambda 2,G]$ 、…、 $[\lambda N,1 \sim \lambda N,G]$ は、それぞれ波長軸上で等しい波長間隔に配置され、かつ $[\lambda 1,1 \sim \lambda N,1]$ 、 $[\lambda 1,2 \sim \lambda N,2]$ 、…、 $[\lambda 1,G \sim \lambda N,G]$ がそれぞれ波長軸上で連続的に配置される。このような波長群パスの合分波を行う分波器11および合波器13としては、例えば周期的な合分波特性を有するアレイ導波路回折格子型光合分波器（AWG）を用いることができる。

【0029】図3(3)に示す波長配置例は、各波長群パスを構成する波長パス数が1～G本の範囲で可変設定される例である。波長群パス1～Nを構成する波長パスの波長 $[\lambda 1,1 \sim \lambda 1,g_1]$ 、 $[\lambda 2,1 \sim \lambda 2,g_2]$ 、…、 $[\lambda N,1 \sim \lambda N,gn]$ は、それぞれ波長軸上で連続的に配置される。ただし、 $g_1 \sim g_n$ は1～Gの範囲の整数である。このような波長群パスの合分波を行う分波器11および合波器13としては、2つのAWGとオン／オフ動作する光ゲートスイッチを用いて構成することができる。その構成例を図4に示す。

【0030】図4において、分波器11は、波長多重伝送リンク20の波長多重信号光をN分岐する光スタークラスター111と、N分岐された各波長多重信号光を分波する分波器としてのAWG112-1～112-Nと、各AWGの出力ごとに分波された各波長パスを個別にオン／オフする光ゲートスイッチ群113-1～113-Nと、各光ゲートスイッチ群から出力される波長パスを合波する合波器としてのAWG114-1～114-Nにより構成される。この光ゲートスイッチ群でオンとなる波長パスに応じて、図3(3)に示すように各波長群パスを構成する波長パスを可変設定することができる。合波器13は、図4の配置を逆にした構成により実現できる。

【0031】（光通信網の第1の実施形態）図5は、本発明の光通信網の第1の実施形態を示す。図において、本実施形態の光通信網は、36個の光バスクロスコネクト装置10と、それらを接続する59本の波長多重伝送リンク20から構成され、光バスクロスコネクト装置10で波長群パスを単位してルーティング処理が行われる。

50 【0032】光通信網の従来構成と本発明構成の違いを

図6に示す。従来構成では波長バス単位でルーティング処理を行っていたために、同一の対地（IPルータ）に転送される複数の波長バスでもそれぞれ個別に扱う必要があった。一方、本発明構成では、波長群バス単位でルーティング処理を行うので、同一の対地（IPルータ）に転送される複数の波長バスをグルーピ化し、一括してルーティング処理することができる。

【0033】本発明構成において、例えば、波長多重伝送リンク20の波長バス数は65、各波長バスの光周波数間隔は50GHz（波長間隔約0.4nm）で波長は1530～1560nmのCバンドに配置され、信号速度は10Gbit/sおよび2.5Gbit/sとする。ここで、4本の波長バスで1つのルーティング処理単位である波長群バスを構成すると、16個の波長群バスが構成され、残り1つの波長バスが各波長群バス単位の信号品質情報や、光バスクロスコネクト装置や中継装置などの監視制御情報を有する監視信号チャネルとして用いられる。

【0034】図7は、波長多重伝送リンク20の構成例を示す。図において、波長多重伝送リンク20では、波長多重伝送において問題となる各波長バスの自己位相変調および各波長バス間の四光波混合を抑圧するために、伝送光ファイバの非線形性を抑圧したコア拡大ファイバ21と、コア拡大ファイバ21の分散および分散スロープを補償した分散補償ファイバ22で1つの伝送区間を構成し、各伝送区間を光ファイバの損失を補償する光ファイバ増幅器23を介して接続した構成である。例えば、波長多重伝送リンク20が3～4伝送区間で構成され、1つの伝送区間が80kmとすれば、240～360kmの間隔で光バスクロスコネクト装置10が配置されることになる。

【0035】なお、光ファイバ増幅器23としては、エルビウム添加光ファイバを用いた光増幅器と、伝送光ファイバ自身を光増幅媒体として用いるラマン光増幅手段が用いられる。

【0036】図8は、図5の光通信網のA地点に用いられる光バスクロスコネクト装置10の構成例を示す。図において、A地点の光バスクロスコネクト装置10では、隣接する4つの光バスクロスコネクト装置からの波長多重伝送リンク20となる4本の光ファイバ16-1～16-4（16'-1～16'-4）を介してそれぞれ64本の波長バスと監視用の1本の波長バス（合計65本）を収容し、自装置の送受信部17からアドドロップ用の光ファイバ16-5（16'-5）を介して64本の波長バスと監視用の1本の波長バス（合計65本）を収容する。

【0037】各光ファイバ16-1～16-5が接続される入力ポートには、波長群バス単位に分離する分波器11-1～11-5が接続される。分波器11-1～11-4は、光ファイバ16-1～16-4から入力する各64本の波長バスを4本ずつ各16個の波長群バスに分離

し、分波器11-5は光ファイバ16-5から入力する送信用の64本の波長バスを4本ずつ16個の波長群バスに分離する。例えば、分波器11-1で分離される各波長群バスの波長バスの波長は、[λ1,1～λ1,4]、[λ2,1～λ2,4]、…、[λ16,1～λ16,4]となる。

【0038】分波器11-1～11-5でそれぞれ16個に分離された合計80個の波長群バスは、波長変換器14および80×80の光マトリクススイッチ15から構成されるルーティング処理部12に入力され、必要な波長変換およびルーティング処理が行われる。光マトリクススイッチ15の出力は、合波器13-1～13-5でそれぞれ16個の波長群バスごとに合波され、出力ポートから光ファイバ16'-1～16'-4にはそれぞれ64本（合計256本）の波長バスが送出され、光ファイバ16'-5には受信用の64本の波長バスが送出される。

【0039】また、分波器11-1～11-5で分離される監視信号チャネルの波長バスはコントローラ18に入力される。コントローラ18は、この監視信号チャネルにより伝送された制御情報を応じて、各波長変換器14の変換波長および光マトリクススイッチ15の動作を制御する。また、コントローラ18は、各波長群バスの新たな制御情報をもつた監視信号チャネルを生成し、合波器13-1～13-5に入力して合波する。

【0040】なお、本実施形態に示すルーティング処理部12は、波長変換器14で各波長群バスを波長変換した後に光マトリクススイッチ15に入力する構成をとっているが、各波長群バスを光マトリクススイッチ15でスイッチングし、出力される波長群バスを波長変換器14でそれぞれ波長変換する構成としてもよい。

【0041】図9は、送受信部17の構成例を示す。図において、送受信部17は、各IPルータから出力された電気信号を光信号に変換する電気光変換器（E/O）31-1～31-65と、各電気信号を転送先に対応した波長の電気光変換器に接続するクロスバススイッチ32と、各波長の光信号を合波して光ファイバ16-5に出力する合波器33と、光ファイバ16'-5から入力する波長多重信号を各波長の光信号に分離する分波器34と、各光信号を電気信号に変換する光電気変換器（O/E）35-1～35-65と、各電気信号を受信先のIPルータに接続するクロスバススイッチ36により構成される。

【0042】図10は、光マトリクススイッチ15の構成例を示す。図10(1)は第1の構成例、図10(2)は第2の構成例を示す。図10(1)において、光マトリクススイッチ15は、80×80のメカニカルに動作する反射鏡スイッチ40で構成される。この反射鏡スイッチ40は、図8に示すコントローラ18によって制御される。例えば、ポートaの波長群バスをポートbに出力するには、そのマトリクスの交点となる反射鏡スイッチ40a

bのみをオン状態とし、その行・列にある反射鏡スイッチをオフ状態に制御する。

【0043】図10(2)において、光マトリクススイッチ15は、波長群バス単位でルーティングする 16×5 の光スイッチ150-1～150-5とメッシュ配線により実現したものである。 80×80 の光マトリクススイッチ15を用いる場合には、合波器13-1～13-5で各光ファイバに出力する波長群バスを合波しているが、本構成では 16×5 の光スイッチ150-1～150-5内で各光ファイバに出力する波長群バスをルーティングおよび合波する構成になっている。すなわち、 16×5 の光スイッチ150-1～150-5は、 1×2 光スイッチ151を介して 16×5 のマトリクス配線を行い、合波器152で各光ファイバ対応に合波する構成である。これにより、合波器13-1～13-5の入力ポート数は16から5に減っている。

【0044】(波長変換器14の構成例)図11は、波長変換器14の第1の構成例を示す。図において、波長変換器14は、入力される波長群バスを4つの波長バスに分離する分波器41と、変換波長に設定される波長可変レーザ光源42-1～42-4と、各波長バスを電気信号に変換し、その電気信号で各波長可変レーザ光源の出力光を変調する波長変換素子43-1～43-4と、各波長変換光を合波して波長群バスとして出力する合波器44により構成される。なお、ここに用いる波長変換素子43としては、高速応答が可能な单一走行フォトキヤリアダイオードとEA変調器を集積化したモジュールを用いることができる。

【0045】図12は、波長変換器14の第2の構成例を示す。図において、波長変換器14は、入力される波長群バスを4つの波長バスに分離する分波器41と、変換波長に設定される波長可変レーザ光源42-1～42-4と、各波長バスで各波長可変レーザ光源の出力光を直接変調する波長変換素子45-1～45-4と、各波長変換光を合波して波長群バスとして出力する合波器44により構成される。

【0046】ここに用いる波長変換素子45としては、図12(2)に示すマッハツエンダ干渉計構成の半導体光増幅器46-1、46-2が用いられる。波長可変レーザ光源42から出力される制御光は、一方の光カプラ47-1で2分岐して半導体光増幅器46-1、46-2に入力され、他方の光カプラ47-2で結合して出力される。ここで、信号光(波長バス)を一方の半導体光増幅器46-1に入力すると屈折率が変化し、通過する制御光の位相が変化する。そのため、光カプラ47-2で結合される各制御光の位相が異なり、位相変化が強度変化となって現れる。すなわち、信号光の情報が制御光に乗せられ、信号光の波長から制御光の波長への波長変換となる。このような構成の波長変換素子45は、電気回路および電気素子を含まないので高速動作が可能であ

る。

【0047】なお、この波長変換素子45は、半導体光増幅器のクロスフェイズ変調を用いた構成であり、信号光と波長変換光を異なるポートに分離して出力することができる。一方、半導体光増幅器のクロスゲイン変調を用いた構成とする場合には、波長変換光から信号光や雑音光を分離する光フィルタを用いる。

【0048】図13は、波長変換器14の第3の構成例を示す。本構成の特徴は、波長群バスを各波長バスに分離することなく、波長群バスの各波長バスを一括して波長変換する光パラメトリック波長変換器(参照:特願2000-304936号)を用いたところにある。これにより、光マトリクススイッチ15のみならず、波長変換器14についても波長群バス単位に集約することができ、光バスクロスコネクト装置の構成を簡単にすることができます。ここでは、波長変換の対象となる波長群バスを信号光といい、波長変換光のもとになる光を励起光という。

【0049】図において、波長変換器14は、内部の2つの光経路にそれぞれ光分散媒質と2次の光非線形媒質を有する非線形マッハツエンダ干渉計により構成される。ただし、2つの光経路では、光分散媒質と2次の光非線形媒質の順番が逆になる。

【0050】信号光と励起光はWDMカプラ51で合波され、その合波光が光合分波器52の一方の入力ポートから入力され、2つの光経路に分岐される。一方の光経路に分岐された合波光は、最初に光分散媒質53に入力され、次に2次の光非線形媒質54に入力される。他方の光経路に分岐された合波光は、最初に2次の光非線形媒質55に入力され、次に光分散媒質56に入力される。2次の光非線形媒質54、55で発生する波長変換光と、2つの光経路を通過する信号光および励起光は光合分波器57で合波され、一方の出力ポートに信号光および励起光が出力され、他方の出力ポートに波長変換光が出力される。

【0051】図14は、光分散媒質53、56と2次の光非線形媒質54、55の構成例を示す。ここでは、LiNbO₃基板60上に、光分散媒質53、56として非疑似位相整合LiNbO₃導波路61、62と、2次の光非線形媒質54、55として疑似位相整合LiNbO₃導波路63、64とをモノリシックに構成する。疑似位相整合LiNbO₃導波路63、64は、LiNbO₃基板60に製作時の電圧印加により所定の間隔で分極反転領域を形成し、かつチタン(Ti)を拡散させて2本のLiNbO₃導波路を形成する。一方、通常のLiNbO₃導波路では励起光と信号光間で伝搬係数が大きく異なるが、この性質を光分散媒質として利用し、非疑似位相整合LiNbO₃導波路61、62として用いたものである。これにより、光分散媒質と光非線形媒質を集積化することができる。

13

【0052】(光通信網の第2の実施形態) 図15は、本発明の光通信網の第2の実施形態を示す。図において、本実施形態の光通信網は、基幹網71と地域網72-1～72-4に分離された2階層のネットワーク構造になっている。基幹網71は、16個の光バスクロスコネクト装置10と、それらを接続する波長多重伝送リンク20から構成され、波長群バスを単位してルーティング処理が行われる。

【0053】例えば、波長多重伝送リンク20の波長バス数は129、各波長バスの光周波数間隔は50GHz(波長間隔約0.4nm)で波長は1530～1580nmのCバンドおよびLバンドに配置され、信号速度は10Gbit/sおよび2.5Gbit/sとする。ここで、4本の波長バスで1つのルーティング処理単位である波長群バスを構成すると、32個の波長群バスが構成され、残り1本の波長バスが各波長群バス単位の信号品質情報や、光バスクロスコネクト装置や中継装置などの監視制御情報を有する監視信号チャネルとして用いられる。

【0054】各地域網72-1～72-4は、それぞれの地域事情に合わせてリング、メッシュ、スター等の多様なネットワークトポロジーが採用される。ここでは、地域網の各光バスクロスコネクト装置に、従来型の波長バス単位でルーティング処理を行うものを用い、波長多重伝送リンク20の波長バス数は32とする。なお、地域網で波長群バス単位のルーティング処理を行う場合も同様である。

【0055】図16は、図15の光通信網のB地点に用いられる光バスクロスコネクト装置10の構成例を示す。図において、基幹網71と地域網72-1を接続するB地点の光バスクロスコネクト装置10は、光通信網の2階層構成に合わせて基幹網対応部73と地域網対応部74の2階層になっている。

【0056】基幹網対応部73では、隣接する2つの光バスクロスコネクト装置から2本の光ファイバ16-1, 16-2(16'-1, 16'-2)を介してそれぞれ129本の波長バスを収容し、地域網対応部74から光ファイバ16-3(16'-3)を介して最大129本の波長バスを収容する。

【0057】各光ファイバ16-1～16-3が接続される入力ポートには、波長群バス単位に分離する分波器11-1～11-3が接続される。分波器11-1, 11-2は、光ファイバ16-1, 16-2の各128本の波長バスを4本ずつ各32個の波長群バスに分離し、分波器11-3は光ファイバ16-3の最大128本の波長バスを4本ずつ最大32個の波長群バスに分離する。例えば、分波器11-1で分離される各波長群バスの波長バスの波長は、[λ1,1～λ1,4], [λ2,1～λ2,4], …, [λ32,1～λ32,4]となる。

【0058】分波器11-1～11-3でそれぞれ32個に分離された合計96個の波長群バスは、波長変換器14

14

aおよび96～96の光マトリクススイッチ15aから構成されるルーティング処理部12aに入力され、必要な波長変換およびルーティング処理が行われる。光マトリクススイッチ15aの出力は、合波器13-1～13-3でそれぞれ32個の波長群バスごとに合波され、出力ポートから光ファイバ16'-1～16'-3に出力される。光ファイバ16'-1, 16'-2にはそれぞれ128本(合計256本)の波長バスが outputされ、光ファイバ16'-3には地域網対応部74に対して最大128本の波長バスが outputされる。

【0059】また、分波器11-1～11-3で分離される監視信号チャネルの波長バスはコントローラ18aに入力される。コントローラ18aは、この監視信号チャネルにより伝送された制御情報に応じて、各波長変換器14aの変換波長および光マトリクススイッチ15aの動作を制御する。また、コントローラ18aは、各波長群バスの新たな制御情報を用いた監視信号チャネルを生成し、合波器13-1～13-3に入力して合波する。

【0060】地域網対応部74では、基幹網対応部73から光ファイバ16-3(16'-3)を介して最大128本の波長バスを収容し、隣接する2つの光バスクロスコネクト装置から2本の光ファイバ16-5, 16-6(16'-5, 16'-6)を介してそれぞれ32本の波長バスを収容し、自装置の送受信部17からアドドップ用の光ファイバ16-7(16'-7)を介して32本の波長バスを収容する。

【0061】光ファイバ16'-3, 16-5～16-7が接続される入力ポートには、波長バス単位に分離する分波器11-4～11-7が接続される。分波器11-4は、光ファイバ16'-3の最大128本の波長バスを分離し、分波器11-5～11-7は、光ファイバ16-5～16-7の各32本の波長バスを分離する。

【0062】分波器11-4で最大128本に分離された波長バスと分波器11-5～11-7でそれぞれ32本に分離された合計96本の波長バスは、波長変換器14bおよび光マトリクススイッチ15bから構成されるルーティング処理部12bに入力され、必要な波長変換およびルーティング処理が行われる。光マトリクススイッチ15bの出力は、合波器13-4～13-7でそれぞれ波長バスが合波され、出力ポートから光ファイバ16-3, 16'-5～16'-7に出力される。光ファイバ16-3には最大128本の波長バスが outputされ、光ファイバ16'-5, 16'-6にはそれぞれ32本(合計64本)の波長バスが outputされ、光ファイバ16'-7には受信用に32本の波長バスが outputされる。

【0063】また、分波器11-4～11-7で分離される監視信号チャネルの波長バスはコントローラ18bに入力される。コントローラ18bは、この監視信号チャネルにより伝送された制御情報に応じて、各波長変換

器14bの変換波長および光マトリクススイッチ15bの動作を制御する。また、コントローラ18bは、各波長群バスの新たな制御情報をのせた監視信号チャネルを生成し、合波器13-4～13-7に入力して合波する。

【0064】本構成の波長変換器14a、14bには、図11～図13の各波長変換器を用いることができる。本構成の光マトリクススイッチ15a、15bには、図8に示す光マトリクススイッチを用いることができる。本構成の送受信部17には、図9に示す送受信部を用いることができる。

【0065】なお、本実施形態に示すルーティング処理部12aは、波長変換器14aで各波長群バスを波長変換した後に光マトリクススイッチ15aに入力する構成をとっているが、各波長群バスを光マトリクススイッチ15aでスイッチングし、出力される波長群バスを波長変換器14aでそれぞれ波長変換する構成としてもよい。また、本実施形態に示すルーティング処理部12bは、波長変換器14bで各波長バスを波長変換した後に光マトリクススイッチ15bに入力する構成をとっているが、各波長バスを光マトリクススイッチ15bでスイッチングし、出力される波長バスを波長変換器14bでそれぞれ波長変換する構成としてもよい。

【0066】このように、ネットワーク構成を2階層化するのに伴い、光パスクロスコネクト装置の構成も2階層化することにより、各ネットワークに対応する制御機能を分離し独立性を確保すると同時に、地域網内から発信される同一対地へのトラヒックを集約する。ことにより、基幹網内の波長群バス利用効率を高めることができ、光通信網全体のスループットを高めることができる。

【0067】また、送受信部17に接続されるIPルータが、同一の光パスクロスコネクト装置10に配備されるのではなく、例えば同一の建物内にある別の場所に分散して配備される場合には、送受信部17に代えて基幹網対応部73および地域網対応部74と同様の構成のものを用い、3階層構造とする。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光通信網および光パスクロスコネクト装置は、複数の波長バスをグループ化した波長群バスを単位としてルーティング処理を行うことにより、ルーティング処理能力を大幅に引き上げることができる。その結果、1波長バスあたりの伝送コストを大幅に削減することができる。

【0069】図17は、図5に示す 4×9 の格子状の光通信網において、光パスクロスコネクト装置のポート数と波長バス需要の関係を示す。従来構成は $G = 1$ であり、本発明構成は $G = 4, 8, 16$ (波長群バスを構成する波長バス数)である。例えば、波長バス需要2000本の場合、従来の各波長バス単位のルーティング処理に対し

て、本発明は波長群バス単位のルーティング処理により光パスクロスコネクト装置のポート数を約半分に削減することができる。

【0070】なお、4本の波長バスで波長群バスを構成した場合には、光パスクロスコネクト装置のポート数は従来構成に比べて理想的には1/4にまで削減されるはずであるが、現実には十分な波長バス需要がないときに波長群バスの利用率が低下し、理想値まで削減効果は得にくい。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光パスクロスコネクト装置の基本構成を示すブロック図。

【図2】光パスクロスコネクト装置の従来構成と本発明構成の違いを説明する図。

【図3】波長群バスの波長配置例を示す図。

【図4】図3(3)の波長配置に対応する分波器11の構成例を示すブロック図。

【図5】本発明の光通信網の第1の実施形態を示すブロック図。

20 【図6】光通信網の従来構成と本発明構成の違いを説明する図。

【図7】波長多重伝送リンク20の構成例を示すブロック図。

【図8】図5のA地点に用いられる光パスクロスコネクト装置10の構成例を示すブロック図。

【図9】送受信部17の構成例を示すブロック図。

【図10】光マトリクススイッチ15の構成例を示すブロック図。

【図11】波長変換器14の第1の構成例を示すブロック図。

30 【図12】波長変換器14の第2の構成例を示すブロック図。

【図13】波長変換器14の第3の構成例を示すブロック図。

【図14】光分散媒質53、56と2次の光非線形媒質54、55の構成例を示す図。

【図15】本発明の光通信網の第2の実施形態を示すブロック図。

40 【図16】図15のB地点に用いられる光パスクロスコネクト装置10の構成例を示すブロック図。

【図17】光パスクロスコネクト装置のポート数と波長バス需要の関係を示す図。

【符号の説明】

10 光パスクロスコネクト装置

11 分波器

12 ルーティング処理部

13 合波器

14 波長変換器

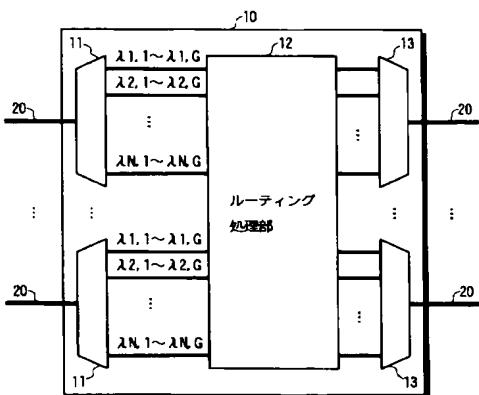
15 光マトリクススイッチ

16 光ファイバ

- 1 7 送受信部
 1 8 コントローラ
 2 0 波長多重伝送リンク
 2 1 コア拡大ファイバ
 2 2 分散補償ファイバ
 2 3 光ファイバ増幅器
 3 1 電気光変換器 (E/O)
 3 2, 3 6 クロスバススイッチ
 3 3 合波器
 3 4 分波器
 3 5 光電気変換器 (O/E)
 4 0 反射鏡スイッチ
 4 1 分波器
 4 2 波長可変レーザ光源
 4 3, 4 5 波長変換素子
 4 4 合波器

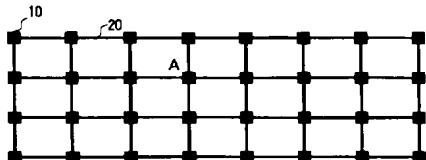
【図1】

本発明の光バスクロスコネクト装置の基本構成



【図5】

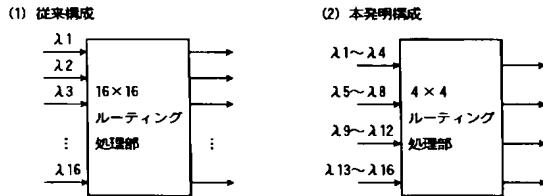
本発明の光通信網の第1の実施形態



- 4 6 半導体光増幅器
 4 7 光カプラ
 5 1 WDMカプラ
 5 2, 5 7 光合分波器
 5 3, 5 6 光分散媒質
 5 4, 5 5 2次の光非線形媒質
 6 0 LiNbO₃ 基板
 6 1, 6 2 非疑似位相整合 LiNbO₃ 導波路
 6 3, 6 4 疑似位相整合 LiNbO₃ 導波路
 10 7 1 基幹網
 7 2 地域網
 7 3 基幹網対応部
 7 4 地域網対応部
 11 1 光スターカプラ
 11 2, 11 4 AWG
 11 3 光ゲートスイッチ群

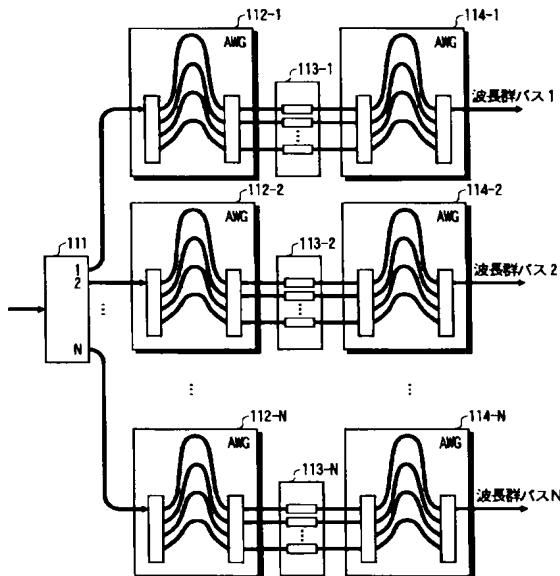
【図2】

光バスクロスコネクト装置の従来構成と本発明構成の違い

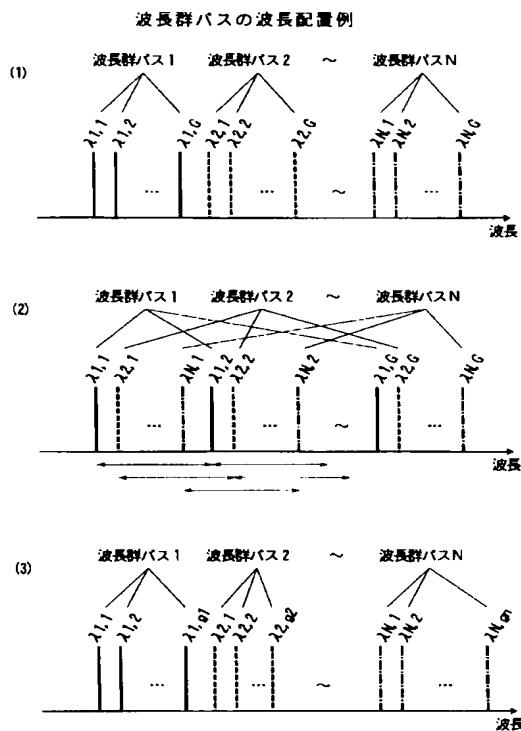


【図4】

図3(3)の波長配置に対応する分波器11の構成例

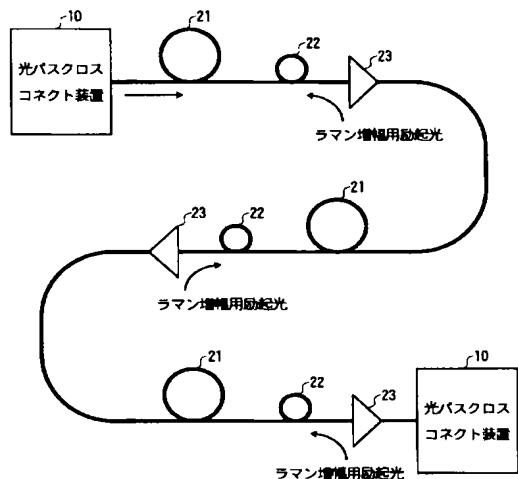


【図3】

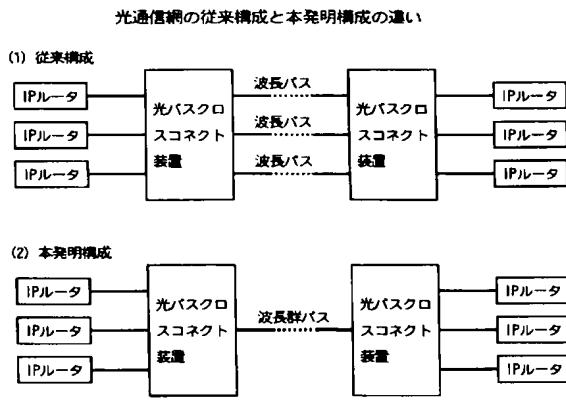


【図7】

波長多重伝送リンク20の構成例

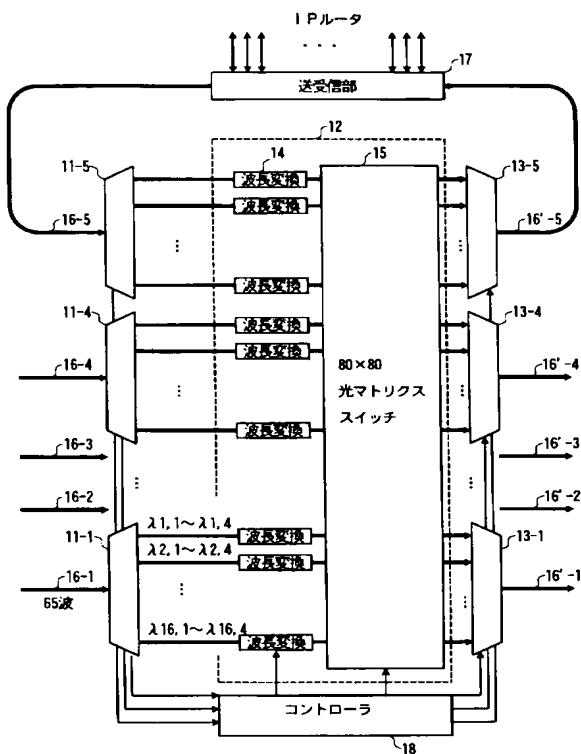


【図6】



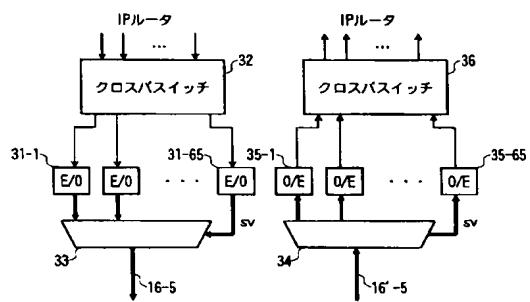
【図8】

図5のA地点に用いられる光バスクロスコネクト装置10の構成例



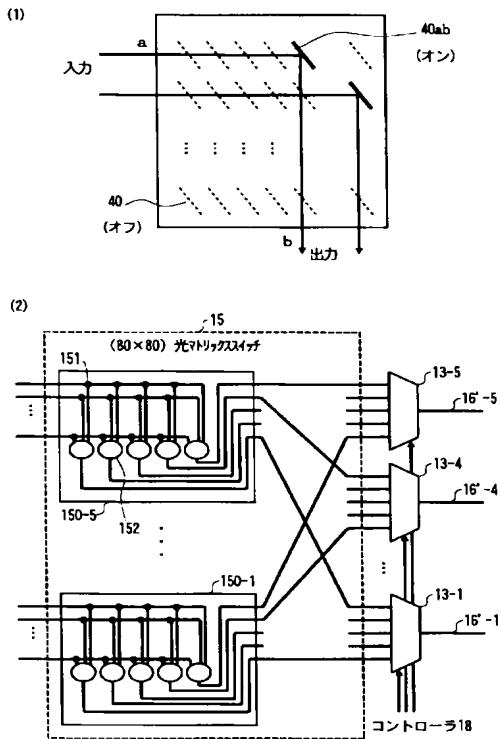
【図9】

送受信部17の構成例



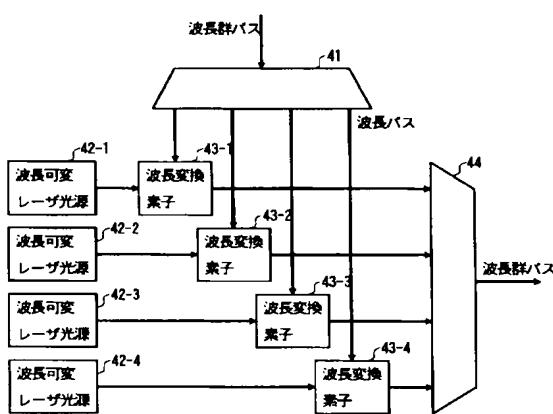
【図10】

光マトリクススイッチ15の構成例



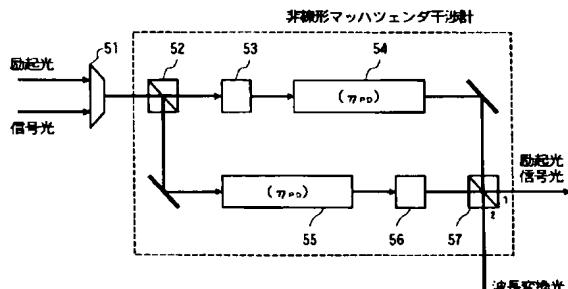
【図11】

波長変換器14の第1の構成例



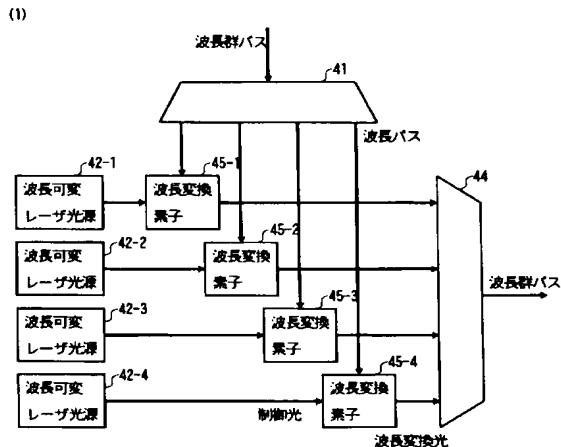
【図13】

波長変換器14の第3の構成例

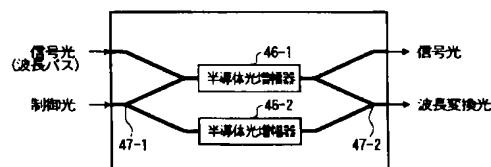


【図12】

波長変換器14の第2の構成例

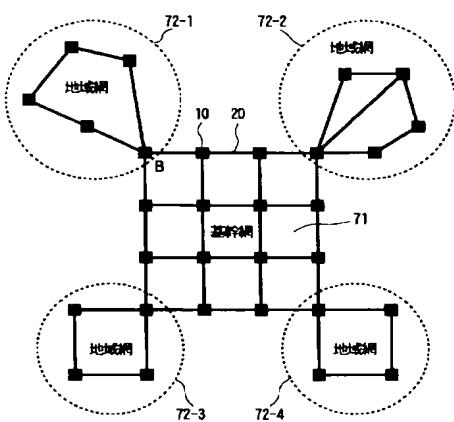


(2) 波長変換素子45の構成例



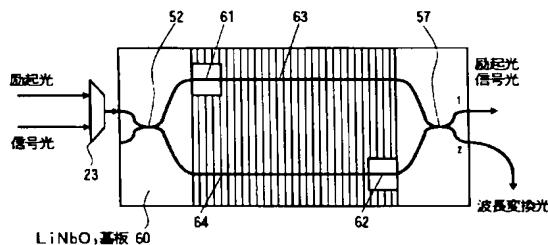
【図15】

本発明の光通信網の第2の実施形態



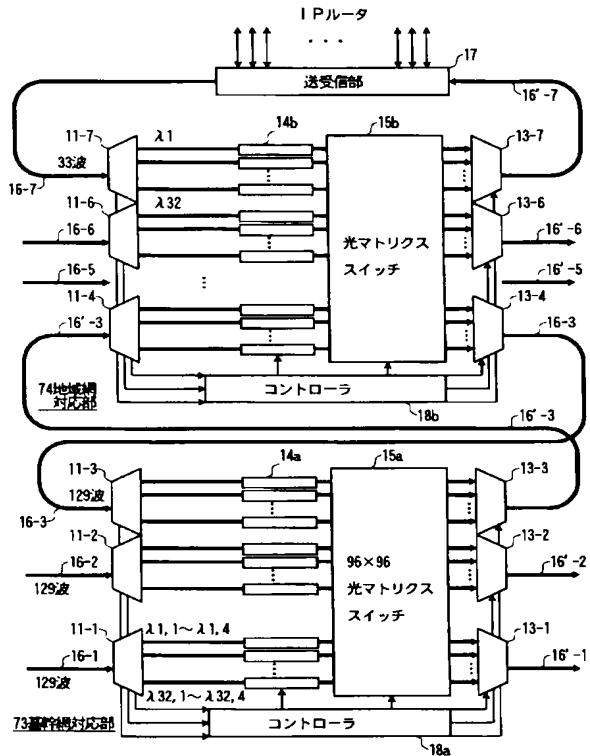
【図14】

光分散媒質53, 56と2次の光非線形形媒質54, 55の構成例



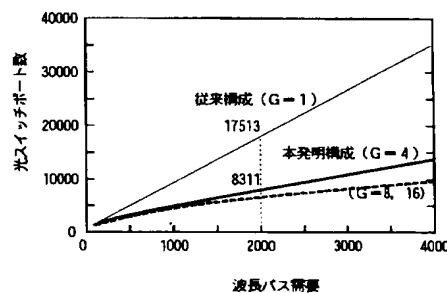
【図16】

図15のB地点に用いられる光バスクロスコネクト装置10の構成例



【図17】

光バスクロスコネクト装置のポート数と波長バス需要の関係



フロントページの続き

(72) 発明者 高田 篤
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5K002 BA05 BA06 CA02 DA02 DA13
5K069 AA13 BA09 CB10 DB33 EA24
EA25 EA26 FA26